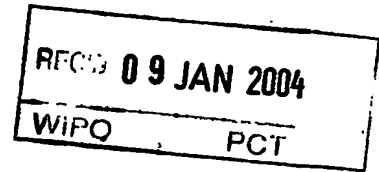


10/532545



8E03/3472

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 49 588.2

**Anmeldetag:**

24. Oktober 2002

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Anmelder/Inhaber:**

Airbus Deutschland GmbH, Hamburg/DE

**Bezeichnung:**

Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord  
eines Luftfahrzeuges

**Zusatz:**

zu DE 102 16 710.9

**IPC:**

B 64 D, H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

## **Airbus Deutschland GmbH**

### **„Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges“**

#### **Zusatz zu Patentanmeldung 102 16 710.9-22**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges unter Verwendung von einer oder mehreren Brennstoffzellen, wobei eine teilweise oder vollständige Integration einer Wassererzeugungseinheit in Form von einer oder mehreren Hochtemperatur-Brennstoffzellen in einem Flugzeugtriebwerk derart vorgesehen ist, dass Brennkammern des Flugzeugtriebwerkes ganz oder teilweise durch die Hochtemperatur-Brennstoffzellen ersetzt werden, nach Patent ..... (Patentanmeldung 102 16 710.9-22).

In der Hauptanmeldung 102 16 710.9-22 ist eine Anordnung mit den oben aufgezeigten Merkmalen beschrieben, die eine optimale Ausnutzung der Brennstoffzellentechnologie und entsprechender Redundanzen für ein Flugzeug gewährleistet und den geforderten Sicherheitsaspekten Rechnung trägt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der eine Brennstoffzellen-Gasturbinen-Kombination für den ausschließlichen Betrieb mit Wasserstoff und Luftsauerstoff, als Triebwerk und/oder als Hilfstriebwerk (APU - Auxiliary Power Unit) zur Druckluftversorgung der Kabine und zur Stromerzeugung vorgesehen ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass den Hochtemperatur-Brennstoffzellen anodenseitig reiner Wasserstoff und kathodenseitig Luft zugeführt werden, dass den Brennkammern ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft zugeführt wird, und dass mindestens die Wasserstoffzufuhr regulierbar oder vollständig abschaltbar ausgeführt ist.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 26 beschrieben.

Ebenso wie beim Gegenstand der Hauptanmeldung soll(en) mindestens eine, vorzugsweise jedoch mehrere Brennkammern durch eine oder mehrere Hochtemperatur Brennstoffzellen ersetzt werden. Im Unterschied zu dem genannten Gegenstand bleiben jedoch mindestens eine oder mehrere Brennkammern zur Verbrennung eines Wasserstoff-Luft Gemisches erhalten. Die Brennkammern und Hochtemperatur-Brennstoffzellen werden vorzugsweise abwechselnd ringförmig um die Welle bzw. die Wellen der Gasturbine angeordnet.

Die Brennkammern dienen dem Start der Gasturbine und der Hochtemperatur-Brennstoffzellen sowie einer kurzzeitigen Erhöhung des Luftdurchsatzes der Gasturbine, beispielsweise zum Start eines Luftfahrzeuges. Im Dauerbetrieb wird ausschließlich die thermische Energie der Hochtemperatur-Brennstoffzelle für die Erzeugung des Luftdurchsatzes benutzt. Die Wassererzeugung findet anodenseitig, d.h. wasserstoffseitig in der Hochtemperatur-Brennstoffzelle statt. Dieses sogenannte Anoden-Abgas besteht bei vollständiger Umsetzung des eingetragenen Wasserstoffs zu 100% aus Wasserdampf (Heißdampf). Dieser Heißdampf wird durch eine Turbine geleitet, wo er durch Expansion abgekühlt wird und damit thermische Energie in Rotationsenergie der Turbinenwelle umgewandelt wird. Diese Rotationsenergie wird in einem Kompressor dazu verwendet, den nötigen wasserstoffseitigen Vor- druck für die Hochtemperatur-Brennstoffzelle zu erzeugen.

In einer weiteren Prozessstufe wird der Wasserdampf schließlich auskondensiert. Man erhält reines  $H_2O$ , also destilliertes Wasser. Dieses Wasser wird den unterschiedlichen Verbrauchern zugeführt bzw. über eine Aufsalzungseinheit zu Trinkwasser aufbereitet. Anfallendes Grauwasser wird in einen Sammelbehälter aufgefangen, ebenso wie der beim Dehydrieren von Schwarzwasser abgeführte Wasseranteil. Die Wassermengen werden in einem mit der Abwärme des Wasser-Kondensationsprozesses betriebenen Verdampfer verdampft und zusammen mit dem nicht zur Wassergewinnung benötigten Dampfanteil aus dem Anodenabgas der Hochtemperatur-Brennstoffzelle vor der zweiten Turbinenstufe der Gasturbine zugeführt. Luftseitig wird über einen sogenannten Fan Außenluft und/oder Kabinenabluft angesaugt. Dieser Fan wird im Normalbetrieb durch die zweite Turbinenstufe angetrieben, beim Startvorgang durch einen Elektromotor. Die durch den Fan geleitete Luft wird in einem nachgeschalteten Kompressor zunächst vorverdichtet und dann in einem weiteren Kompressor für die Brennkammern und die Luftseite der Hochtemperatur-Brennstoffzelle weiter verdichtet. Die über die Brennkammern bzw. die Hochtemperatur Brennstoffzelle eingetragene thermische Energie treibt dann zunächst die erste Turbinenstufe an und nach der oben beschriebenen Zuführung von Grauwasser in den heißen Abluftstrom die 2. Turbinenstufe. Die Anzahl der Kompressor- und Turbinenstufen sowie die Anzahl der Brennkammern und der Hochtemperatur-Brennstoffzellen lässt sich je nach Anforderung beliebig für unterschiedliche Typen variieren.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Anordnung bestehen in einer

- a) Flexibilität gegenüber kurzzeitigen Leistungsanforderungen,
- b) hohen Integration der einzelnen Prozessschritte,
- c) hohen Reinheit des gewonnenen Wassers,
- d) hohen Effizienz des Systems und in einer
- e) Gewichtseinsparung.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung dargestellt, und zwar zeigt die einzige Figur ein Wassergenerationssystem, welches einen Tank 1 für flüssigen Wasserstoff aufweist. Somit ist eine Anwendung in einem sogenannten „Cryoplane“ besonders vorteilhaft. Wie der Zeichnung zu entnehmen ist, ersetzt eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 teilweise eine Brennkammer 7a eines Flugzeugtriebwerkes 2. Der Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 werden anodenseitig reiner Wasserstoff und kathodenseitig Luft zugeführt, während der Brennkammer 7a ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft zugeführt wird. Hierbei ist mindestens die Wasserstoffzufuhr regulierbar oder vollständig abschaltbar ausgeführt. Der Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 ist anodenseitig mindestens eine ein- oder mehrstufige Turbine 16 nachgeschaltet ist, die thermische Energie des Anodenabgases 35 in Rotationsenergie umwandelt. Es können Brennstoffzellen vom Typ Oxidkeramik-Brennstoffzelle (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell) oder Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC – Molten Carbonate Fuel Cell) oder von einem in Leistung und Temperaturniveau vergleichbaren Typ verwendet werden.

Der Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 ist ein Kondensationsprozess 18 nachgeschaltet, der Wasser aus einem Teil des Anodenabgases 35 der Brennstoffzelle 7 auskondensiert. Weiterhin kann die Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 beidseitig auf der Luft- bzw. Sauerstoffseite einerseits und auf der Brennstoff- bzw. Wasserstoffseite andererseits mit Druck beaufschlagt werden, wobei gleiche oder auch unterschiedliche Drücke anodenseitig und kathodenseitig zulässig sind. Die Verwendung von flüssigem oder gasförmigem Wasserstoff ist möglich. Flüssiger Wasserstoff 1 kann vor dem Eintritt in die Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 oder Brennkammer 7a verdampft werden, wobei der Verdampfer 17 mit der Prozesswärme des Anodenabgas-Kondensators 18 betrieben werden kann. Eine besondere Ausführung der erfindungsgemäßen Anordnung liegt darin, dass der Verdampfer 17 ringförmig um den Kondensator 18 oder kreisförmig innerhalb des Kondensators 18 angeordnet und als Rohrbündel-Wärmetauscher ausgeführt ist. Auch hierbei kann mindestens ein Teil des Kondensationsprozesses 18 mit Kühlluft 19 betrieben werden.

Es ist möglich, gebrauchtes Wasser wie auch nicht benötigtes Kondensat in einem Behälter 32 zu sammeln. Die im Kondensationsprozess 18 erwärmte Luft 20 wird vorteilhafterweise zum Verdampfen des Grauwassers in einem gesonderten Behälter 33 benutzt, in welchen das Grauwasser mittels

einer Pumpe 37 befördert wird, wobei ein Filter zur Zurückhaltung von Fest- und Schwebstoffen aus dem Grauwasser vorgesehen ist. Dem Kondensationsprozess 18 wird Wasser in destillierter Qualität entnommen und derart verteilt, und dass die Galleys 23, die Handwaschbecken 24 und die Duschen 25 mit einem durch die Zudosierung von Salz 23 generierten Trinkwasser 22 sowie die WCs 27 und die Luftbefeuchtung 26 mit destilliertem Wasser versorgt werden. Die Turbinenstufen 8, 9 können sowohl die Kompressorstufen 5, 6 als auch den Fan 11 betreiben, wobei die Kompressorstufen 5, 6 sowohl die Hochtemperatur-Brennstoffzelle 7 als auch die Brennkammer 7a luftseitig mit Druck beaufschlagen. Der Luftdurchsatz 3 des Fans 11 kann entweder bei einem Triebwerk zum Vortrieb oder bei einer APU zur Druckbeaufschlagung der Druckluftsysteme und/oder der Klimaanlage verwendet werden. Hierzu sind jeweils ein Fan 11 mit einer ersten Kompressorstufe 5 und zweiten Turbinenstufe 9 sowie einer zweiten Kompressorstufe 6 und ersten Turbinenstufe 8 miteinander gekoppelt und laufen auf coaxialen Wellen ineinander mit unterschiedlichen Drehzahlen. Die Anzahl der ineinander laufenden coaxialen Wellen ist beliebig ausgeführt.

Das Abwasser wird in einem Sammel-tank 28 gesammelt wird, ganz oder teilweise dehydriert 30 und der so gewonnene Wasseranteil wird dem Grauwasser-Sammel-tank 32 zugeführt. Von besonderem Vorteil ist,

- dass die Anordnung auch ohne Abgabe von Wasser an ein Wassersystem betrieben werden kann,
- dass sowohl die Brennkammern, wie auch die Hochtemperatur-Brennstoffzellen separat betrieben werden können, auch in beliebigen Kombinationen miteinander, und
- dass bei separatem Betrieb von Brennkammern oder Hochtemperatur-Brennstoffzellen 7 einzelne Brennkammern oder Hochtemperatur-Brennstoffzellen abgeschaltet werden können.

## Patentansprüche

1. Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges unter Verwendung von einer oder mehreren Brennstoffzellen, wobei eine teilweise oder vollständige Integration einer Wassererzeugungseinheit in Form von einer oder mehreren Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) in einem Flugzeugtriebwerk derart vorgesehen ist, dass Brennkammern (7a) des Flugzeugtriebwerkes ganz oder teilweise durch die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) ersetzt werden, nach Patent .....(Patentanmeldung 102 16 710.9-22), dadurch gekennzeichnet, dass den Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) anodenseitig reiner Wasserstoff und kathodenseitig Luft zugeführt werden, dass den Brennkammern (7a) ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft zugeführt wird, und dass mindestens die Wasserstoffzufuhr regulierbar oder vollständig abschaltbar ausgeführt ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) als Typ Oxidkeramik-Brennstoffzelle (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell) oder Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC – Molten Carbonate Fuel Cell) ausgeführt sind oder einem in Leistung und Temperaturniveau vergleichbaren Typ angehören.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochtemperatur-Brennstoffzelle (7) anodenseitig mindestens eine ein- oder mehrstufige Turbine (16) nachgeschaltet ist, die thermische Energie des Anodenabgases (35) in Rotationsenergie umwandelt.
4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Umwandlung der thermischen Energie durch einen Stirling Motor und/oder eine oder mehrere Kombinationen unterschiedlicher Wärmekraftmaschinen (beispielsweise Turbine und Stirling Motor) erfolgt.
5. Anordnung nach Anspruch 1, 2 sowie 3 oder 4 dadurch gekennzeichnet, dass die gewonnene mechanische Energie einem Kompressor (13) zugeführt wird.
6. Anordnung nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompressor (13) zur Druckbeaufschlagung der Anodenseite mit Wasserstoff (15) verwendet wird.
7. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der bzw. den Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) ein Kondensationsprozess (18) nachgeschaltet ist, der Wasser aus einem Teil des Anodenabgases (35) der Brennstoffzelle (7) auskondensiert.
8. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) beidseitig auf der Luft- bzw. Sauerstoffseite einerseits und auf der Brennstoff- bzw. Wasserstoffseite andererseits mit Druck beaufschlagbar ausgeführt sind, wobei gleiche oder auch unterschiedliche Drücke anodenseitig und kathodenseitig zulässig sind.
9. Anordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass flüssiger oder gasförmiger Wasserstoff verwendet wird.
10. Anordnung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass flüssiger Wasserstoff (1) vor dem Eintritt in die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) oder Brennkammern (7a) verdampft wird (17).
11. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (17) mit der Prozesswärme des Anodenabgas-Kondensators (18) betreibbar ausgeführt ist.
12. Anordnung nach Anspruch 1, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (17) ringförmig um den Kondensator (18) oder kreisförmig innerhalb des Kondensators (18) angeordnet und als Rohrbündel-Wärmetauscher ausgeführt ist.
13. Anordnung nach Anspruch 1 oder 7 dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil des Kondensationsprozesses (18) mit Kühlluft (19) betrieben wird.
14. Anordnung nach Anspruch 1, 7 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass gebrauchtes Wasser wie auch nicht benötigtes Kondensat in einem Behälter (32) gesammelt werden (Grauwasser).
15. Anordnung nach Anspruch 1, 7 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die im Kondensationsprozess (18) erwärmte Luft (20) zum Verdampfen des Grauwassers in einem gesonderten Behälter (33) benutzt wird, in welchen das Grauwasser mittels einer Pumpe (37) befördert wird, und dass ein Filter zur Zurückhaltung von Fest- und Schwebstoffen aus dem Grauwasser vorgesehen ist.

16. Anordnung nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der entstehende Dampf vor die zweite Turbinenstufe (Niederdruckstufe – 9) eingeblasen und dort mit der Kathodenabluft (36) vermischt wird.
17. Anordnung nach Anspruch 1 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass eventuell vorhandene Keime und Mikroorganismen aus dem Grauwasser (32) thermisch abgetötet werden.
18. Anordnung nach Anspruch 1, 7 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass dem Kondensationsprozess (18) Wasser in destillierter Qualität entnommen und verteilt wird, und dass die Galleys (23), die Handwaschbecken (24) und die Duschen (25) mit einem durch die Zudosierung von Salz (23) generierten Trinkwasser (22) sowie die WCs (27) und die Luftbefeuchtung (26) mit destilliertem Wasser versorgt werden
19. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbinenstufen (8, 9) sowohl die Kompressorstufen (5, 6) als auch den Fan (11) betreiben, und dass die Kompressorstufen (5, 6) sowohl die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (7) als auch die Brennkammern (7a) luftseitig mit Druck beaufschlagen.
20. Anordnung nach Anspruch 1 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftdurchsatz (3) des Fans (11) entweder bei einem Triebwerk zum Vortrieb oder bei einer APU zur Druckbeaufschlagung der Druckluftsysteme und/oder der Klimaanlage verwendet wird.
21. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils Fan (11) mit 1. Kompressorstufe (5) und 2. Turbinenstufe (9) sowie 2. Kompressorstufe (6) und 1. Turbinenstufe (8) miteinander gekoppelt sind und auf coaxialen Wellen ineinander mit unterschiedlichen Drehzahlen laufen.
22. Anordnung nach Anspruch 1 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der gekoppelten Kompressor- und Turbinenstufen, deren Drehrichtungen sowie die Anzahl der ineinander laufenden coaxialen Wellen beliebig ausgeführt sind.
23. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Abwasser in einem Sammel-tank (28) gesammelt wird, ganz oder teilweise dehydriert (30) wird und der so gewonnene Wasseranteil dem Grauwasser-Sammel-tank (32) zugeführt wird.
24. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung auch ohne Abgabe von Wasser an ein Wassersystem betreibbar ausgeführt ist.
25. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Brennkammern, wie auch die Hochtemperatur-Brennstoffzellen separat betrieben werden können sowie auch in beliebigen Kombinationen miteinander.
26. Anordnung nach Anspruch 1 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass bei separatem Betrieb von Brennkammern oder Hochtemperatur-Brennstoffzellen einzelne Brennkammern oder Hochtemperatur-Brennstoffzellen abgeschaltet werden können.

## **Zusammenfassung**

### **„Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges“**

Anordnung zur Erzeugung von Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges unter Verwendung von einer oder mehreren Brennstoffzellen, wobei eine teilweise oder vollständige Integration einer Wassereszeugungseinheit in Form von einer oder mehreren Hochtemperatur-Brennstoffzellen in einem Flugzeugtriebwerk derart vorgesehen ist, dass Brennkammern des Flugzeugtriebwerkes ganz oder teilweise durch die Hochtemperatur-Brennstoffzellen ersetzt werden, nach Patent .....(Patentanmeldung 102 16 710.9-22),

Um eine Brennstoffzellen-Gasturbinen-Kombination für den ausschließlichen Betrieb mit Wasserstoff und Luftsauerstoff, als Triebwerk und/oder als Hilfstriebwerk (APU - Auxiliary Power Unit) zur Druckluftversorgung der Kabine und zur Stromerzeugung vorzusehen, werden den Hochtemperatur-Brennstoffzellen anodenseitig reiner Wasserstoff und kathodenseitig Luft zugeführt. Weiterhin wird den Brennkammern ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft zugeführt, wobei mindestens die Wasserstoffzufuhr regulierbar oder vollständig abschaltbar ausgeführt ist.

# (1) Flüssiger Wasserstoff - $H_2$

